

## UNJUK KERJA *SLURRY ICE* REFRIGERATOR BERBAHAN BAKU AIR LAUT DI PERAIRAN TROPIS

*The Performance of Slurry ice Refrigerator with Sea Water Raw Material in Tropical Area*

*Oleh:*

Nasirin<sup>1\*</sup>, Budhi H. Iskandar<sup>2</sup>, Mohammad Imron<sup>2</sup>, Zulkarnain<sup>2</sup>, Maimun<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Permesinan Perikanan, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta

<sup>2</sup> Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

<sup>3</sup> Pengembangan Sumberdaya Manusia KKP, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta

\* Korespondensi: nasirin\_stp@yahoo.com

Diterima: 14 Maret 2016; Disetujui: 14 September 2016

### ABSTRACT

*Fish is perishable food. Quality of fish, especially the freshness level will drop significantly if it is not treated quickly and properly. The general method used in fish handling on fishing vessels is cold treatment such as ice cube, ice flake, ice tube, and slurry ice. Usage of slurry ice in Indonesia has not been applied due to high cost of refrigeration slurry ice unit, even though slurry ice has many advantages such as quick cooling, low operating cost, easy operation, and adaptable size. The objective of this research was to determine performance of slurry ice refrigerator (SIR) using sea water as raw material in tropical area. This unit can produce slurry ice for fish handling on fishing vessel. An experimental method was applied in this research. The results showed that SIR could reach temperatures of -6°C with no-added load, and -4°C with load.*

**Keywords:** construction, design, performance, refrigeration, slurry ice

### ABSTRAK

Ikan merupakan bahan makanan yang mudah rusak. Kualitas ikan terutama tingkat kesegarannya akan menurun secara signifikan apabila tidak ditangani dengan cepat dan benar. Penanganan yang umumnya dilakukan terhadap ikan di atas kapal penangkap yakni memberikan perlakuan dingin seperti menggunakan es balok, es curah, es tube, dan *slurry ice*. Penggunaan *slurry ice* di Indonesia belum dilakukan dikarenakan mahalnya mesin pembuat *slurry ice*. Metode pendinginan dengan mesin *slurry ice* ini memiliki banyak keunggulan diantaranya mampu melakukan proses pendinginan dengan cepat, biaya operasional murah, mudah dalam pengoperasian, ukuran mesin dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Tujuan dari penelitian ini yakni menentukan unjuk kerja *slurry ice refrigerator* (SIR) berbahan baku air laut di daerah tropis. *Slurry ice* ini digunakan untuk penanganan ikan hasil tangkapan di atas kapal. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental, melalui tahapan perancangan dan pembuatan unit model mesin pembuat *slurry ice* dan pengujiannya. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan unjuk kerja mesin dapat mencapai suhu -6 °C tanpa penambahan beban, dan dengan penambahan beban mampu mencapai suhu -4 °C.

**Kata kunci:** kontruksi, rancangan, unjuk kerja, refrigerasi, *slurry ice*

## PENDAHULUAN

Metode pendinginan ikan sangat berperan besar dalam penanganan hasil perikanan yang bertujuan untuk mempertahankan kesegaran ikan sehingga dapat diterima oleh konsumen. Indonesia memiliki potensi sumberdaya perikanan yang tinggi dengan ikan segar sebagai produk perikanan yang dominan dan 60% volume produk ikan segar Indonesia diekspor ke luar negeri, seperti Amerika, Jepang dan negara-negara Uni Eropa. Penanganan ikan pasca panen perlu dikembangkan dengan produk segar yang mempunyai nilai ekonomis yang lebih baik.

Pendinginan di Indonesia untuk produk ikan segar masih banyak menggunakan es balok dan sedikit dengan teknologi pendingin yang lebih moderen seperti teknologi refrigrasi dengan *RSW (Refrigerated Sea Water)*. Penggunaan es balok menghasilkan produk yang kurang baik. Dewasa ini pendinginan ikan dengan menggunakan media pendingin *slurry ice* dapat mempertahankan suhu ikan segar selama 12 hari, dengan kualitas ikan berdasarkan analisis secara sensorik mikrobiologi masih baik. Pendinginan selama 13 hari telah diujikan pada ikan. Menurut Campos *et al.* (2006), pemakaian *slurry ice* dengan ozon dapat menjaga kesegaran ikan *Sparus aurata* dan *Dicentrarchus labrax* hingga 14 hari. Menurut Aubourg *et al.* (2006), penggunaan *slurry ice* di kapal dapat menjaga kualitas dan memperpanjang umur simpan ikan. Selain itu *slurry ice* juga dapat mencegah dehidrasi yang terjadi pada ikan. Penelitian lain tentang penggunaan media pendingin *slurry ice* telah banyak dilakukan pada daerah subtropis seperti penelitian pada ikan *Psetta maxima* (Rodríguez *et al.* 2006), pada *krustasea Nephrops norvegicus* (Aubourg *et al.* 2007), *Dicentrarchus labrax* (Cakli *et al.* 2006), jenis Salmon *Oncorhynchus kisutch* (Rodríguez *et al.* 2008), dan *lobster* (Losada *et al.* 2006).

Rancangan sistem refrigerasi pada mesin *slurry ice* dilatar belakangi bahwa, beberapa tahun terakhir, metode pendinginan dan pembekuan telah banyak dikembangkan dengan tujuan untuk memperpanjang *shelf life* ikan segar. Berbagai tipe sistem pendinginan produk perikanan telah dikembangkan, seperti *super-chilling* antara -4°C sampai -1°C dengan penggunaan *slurry ice* untuk mencapai suhu penyimpanan ikan segar. Proses pembentukan *slurry ice* melalui proses kristalisasi es yang merupakan fungsi dari temperatur. Menurut Múgica *et al.* (2008) *slurry ice* memiliki sifat larutan dan padatan dengan temperatur dapat mencapai -1. *Slurry ice refrigerator* merupakan alat pendingin

yang mampu menghasilkan es, akan tetapi es yang dihasilkan berupa es yang terfragmentasi dengan konsistensi seperti salju yang mencair atau salju (Orvieto *et al.* 2007). Lebih lanjut dijelaskan bahwa *slurry ice* tergolong dalam *thermal energy storage (TES)* yang memiliki keunggulan yakni ukuran diameter lebih kecil dari 0,1 mm sampai dengan 1,1 mm, kebutuhan kapasitas listrik mesin yang rendah, dan biaya energi yang rendah. Unit pendingin yang digunakan untuk menjaga kesegaran ikan berupa unit *slurry ice refrigerator*. Mesin pembuat *slurry ice* ini dirancang dengan sistem refrigerasi yang dengan tujuan menghasilkan produk *slurry ice*, dengan komponen utamanya antara lain rangka utama, sistem refrigerasi, motor listrik, SIG, *gearbox*, poros pengaduk, dan pengaduk *slurry ice* serta pompa. Berdasarkan hasil rancangan ini dibuat mesin model pembuat *slurry ice* yang keluaran produknya langsung berupa bubur es. Mesin dirancang untuk mempunyai kapasitas tangki penampung agar produksi *slurry ice* mencapai 16 liter dan menggunakan bahan baku air laut yang bertemperatur 30°C. Unjuk kerja mesin pembuat *slurry ice* dapat diketahui dengan melakukan pengujian berdasarkan waktu penurunan suhu, waktu pembentukan nukleuse dan bentuk dimensi *slurry ice* yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk pengembangan sistem refrigerasi dengan pemanfaatan air laut sebagai bahan dasar pembuatan *slurry ice* yang dihasilkan untuk keperluan pendinginan ikan segar.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *slurry ice* untuk pengawetan produk pernah beberapa kali dilakukan, antara lain aplikasi *slurry ice* pada ikan air tawar yang diteliti oleh (Mugica *et al.* 2008), pada ikan sarden yang dilakukan oleh (Losada *et al.* 2006), dan pada ikan layang yang dilakukan oleh (Rodríguez *et al.* 2004.) Penelitian lain tentang rancangan pembuatan mesin *slurry ice* pernah dilakukan oleh (Thongwik *et al.* 2008). Pada penelitian ini mesin *slurry ice* yang dibuat memiliki keunggulan yakni dapat diaplikasikan di daerah tropis yang mempunyai suhu air laut dan salinitas perairan relatif tinggi dibandingkan di daerah subtropis dimana sudah banyak aplikasi *slurry ice*. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performance mesin *slurry ice refrigerator*. Alat tersebut berfungsi untuk memproduksi *slurry ice* sebagai media pendingin dalam mempertahankan kesegaran ikan.

## METODE

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen melalui perekayasa alat pembu-

at *slurry ice* yang dapat digunakan di daerah tropis. Objek penelitian ini difokuskan pada kinerja mesin pembuat *slurry ice* yang di hasilkan dari proses perekayasaan *slurry ice refrigerator*. Penelitian dilakukan di *workshop* mesin Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta, dan *workshop* Divisi Kapal dan Transportasi Perikanan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dilakukan mulai bulan Maret 2013 sampai dengan bulan Juli 2013.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan unit model *slurry ice refrigerator* adalah: las argon, tang, mesin gurinda listrik, mesin las listrik, amplas besi, kunci pas, gergaji besi, obeng, palu, mesin bor, mesin bubut dan las oksigen. Bahan yang dibutuhkan adalah: plat SS 304, pipa 4" SS 304, pipa 6" SS 304, besi siku, plat besi lubang, knee L dan knee Y PVC 1/2", pipa PVC 1/2", lem PVC, *bearing*, mur dan baut, *mechanical seal*, *filter*, box listrik, kabel listrik dan asesoriesnya, cat anti karat, dan *refrigeran* R404.

*Slurry ice refrigerator* yang dirancang adalah tipe kecil dan mudah dipindahkan. Rancangan ini dipilih agar dapat digunakan di kapal nelayan berukuran hingga 30 GT untuk keperluan pembuatan *slurry ice* di kapal. Unit model *slurry ice refrigerator* yang akan dikonstruksi terlebih dahulu dibuat gambar rancangannya. Rancangan umum (*general arrangement*) ini mencakup: 1) siklus sistem refrigerasi, 2) kelistrikan sistem refrigerasi, 3) sistem sirkulasi aliran air, 4) sistem *panel indicator* dan 5) kerangka SIR.

Unit model mesin *slurry ice refrigerator* mempunyai 4 komponen utama yang harus dirancang dan dibuat atau dipilih sesuai dengan fungsinya:

- Kompresor *refrigerant hermetic* dengan kapasitas daya 1 HP yang berfungsi untuk menaikkan tekanan *refrigerant* ke kondensor dan untuk mengatasi beban pendinginan pada *slurry ice generator*.
- Kondensor yang berfungsi sebagai penukar panas dari kompresor, pada mulanya *refrigerant* berupa gas, kemudian dikondensasikan sehingga menghasilkan cairan yang bertekanan tinggi.
- *Slurry ice generator* dengan *evaporator* jenis *bartube*, yang dapat menurunkan temperatur *refrigerant*. Bagian ini sebagai penyerap panas air laut untuk dijadikan *slurry ice*.
- *Agitator* yang berfungsi untuk mengaduk partikel-partikel es yang berada dalam drum *slurry ice generator*, menggunakan daya motor 0,5 HP yang di modifikasi untuk memutar *slurry ice*.

Setelah unit model SIR dibuat, selanjutnya dilakukan uji coba alat dengan tahapan sebagai berikut:

Unit model mesin *slurry ice* di-setting pada posisi yang mudah dan aman untuk dioperasikan dan dilakukan pengambilan data tentang suhu kompresor, kondensor, *slurry ice generator* dan suhu lingkungan sekitar. Alirkan air laut sesuai dengan kapasitas produksi yaitu 16 liter, selanjutnya mesin dihidupkan hingga mencapai temperatur di bawah 0 °C, hingga terjadi proses kristalisasi es hingga menjadi *slurry ice*. Waktu pengukuran temperatur dilakukan setiap 1 menit pada kompresor, kondensor, dan SIG. Selanjutnya dilakukan analisis hubungan antara waktu dan penurunan suhu pendinginan pada mesin pembuat *slurry ice* tersebut. Putaran agitator menggunakan putaran 60 RPM.

Selama pengujian uni model SIR, dilakukan pengumpulan data berupa suhu dan tekanan yang dihasilkan di kompresor, kondensor dan evaporator. Pengambilan data dilakukan pada saat mesin mulai beroperasi sampai sudah terbentuk *slurry ice* 90% berbentuk padatan es kemudian mesin dimatikan. Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel 2007, dengan metode *descriptive* statistik. Hal ini bertujuan untuk mengamati tekanan dan suhu pada komponen kompresor kondensor dan SIG. Analisis data tentang unjuk kerja komponen menggunakan rumus umum yang digunakan dalam menghitung beban kalor yaitu:

$$Q_1 - b = m \times (T_1 - T_b) \times c$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perancangan dan pembuatan alat

*Slurry ice refrigerator* yang digunakan untuk keperluan penelitian memiliki beberapa kriteria tertentu. Kriteria-kriteria yang dimaksud tersebut antara lain: memakai bahan ramah lingkungan, tidak beracun bagi manusia dan hewan, tidak merusak ozon dan sangat baik untuk penanganan ikan segar di atas kapal pasca panen. Unit ini juga harus mampu bekerja secara kontinyu dan stabil dalam waktu yang lama.

Desain atau rancangan unit *slurry ice refrigerator* merupakan suatu proses perumusan spesifikasi teknis dan proses menghasilkan rancangan gambar dari suatu objek yang bertujuan untuk keperluan pembuatan unit *slurry ice refrigerator* itu sendiri, sehingga dalam pembuatan dapat berjalan secara terstruktur.

Rancangan *slurry ice refrigerator* dibuat dengan tipe sirkulasi air antara SIG (*slurry ice generator*) dengan *storage tank*. Hal ini dimaksudkan agar unit *slurry ice refrigerator* tidak memerlukan tempat yang luas dalam penempatannya. Rancangan umum (*general arrangement*) yang meliputi: kompresor, kondensor, receiver, katup ekspansi, SIG (*slurry ice generator*), filter and drier, controller, agitator, akumulator, dan *storage tank*. disajikan pada Gambar 1.

Siklus ini digunakan sebagai dasar untuk mendesain dan mengkonstruksikan mesin pembuat *slurry ice* yang berbahan dasar air laut. Tahapan sirkulasi refrigerasi pada unit SIR terdiri dari:

- Kompresi uap *refrigeran* pada kompresor. Hal ini bertujuan untuk menekan gas *refrigeran* yang bersuhu rendah dan bertekanan rendah menjadi yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Tekanan awal 16 bar dan suhu 51,1 °C.
- Pembuangan/pelepasan panas pada ruangan temperatur tinggi, oleh *refrigeran* pada kondensor. Hal ini dimaksudkan untuk mengubah gas *refrigeran* yang bersuhu dan bertekanan tinggi menjadi bersuhu rendah dan bertekanan tinggi. Fase ini merupakan proses mengubah *refrigeran* dari bentuk gas menjadi cair. Tekanan 14 bar dengan suhu 30,51 °C.
- Ekspansi, pengembalian kondisi uap *refrigeran* seperti semula cair menjadi campuran gas dan cair oleh katup ekspansi. Pada proses ini katup ekspansi berperan sebagai pengubah cairan *refrigeran* untuk dikabutkan dengan tujuan penyerapan panas produk yang terjadi pada evaporator, adapun tekanan 5 bar dan suhu 22 °C.
- Penyerapan panas pada ruangan temperatur rendah, oleh *refrigeran* campuran gas dan cair pada evaporator. Pada penelitian ini bentuk evaporator dimodifikasi menjadi unit SIG (*slurry ice generator*) yang bertujuan untuk membuat proses pendinginan air dalam tabung adapun tekanan 2,4 bar dan suhu awal 20 °C.

*Slurry ice refrigerator* menggunakan *refrigeran* R404 dengan alasan *refrigeran* tersebut adalah ramah lingkungan dengan tidak merusak ozon, tidak bersifat toksik bagi manusia dan binatang. Komposisi *refrigeran* R 404 secara

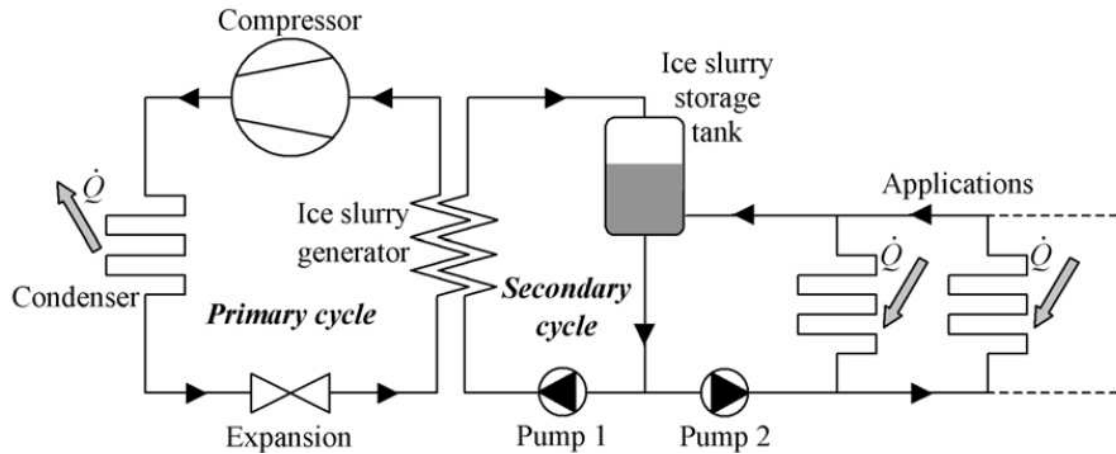
spesifik sebagai berikut seperti terlihat pada Tabel 1.

Penggunaan *refrigeran* R 404 untuk kompresor 1 HP pada penelitian ini adalah 0,8 kg dengan tekanan *low pressure* (P1) antara 1,8-2 bar, *high pressure* (P2) 15-17 bar, tekanan kondensor (P3) 14-17 bar, tekanan pada SIG (P4) 3,8-5 bar. Kisaran suhu yang dicapai dalam penelitian ini adalah untuk *suction* (t1) 33- 6,2°C, *discharge* (t2) 40- 60°C, suhu setelah kondensor (t3) 30,8- 41°C, suhu setelah katup ekspansi (t4) 2- 33°C, suhu kompresor (*t comp*) 33- 45°C, suhu kondensor (*t cond*) 33- 40°C, suhu evaporator (*t evp*) 0,1- 33°C, suhu pada *thermostat* -6- 33°C dan suhu luar berkisar 24- 38°C.

*Slurry ice refrigerator* (SIR) yang dikonstruksi mempunyai ukuran panjang 100 cm, bagian terlebar 61 cm dan tinggi 145 cm, dengan kapasitas volume tangki penyimpanan produk *slurry ice* atau *storage tank* adalah 46 liter. Material untuk membuat mesin *slurry ice* pada bagian SIG menggunakan pipa SS 304 dengan tebal 1,5 mm. Bagian bawah berfungsi sebagai media sirkulasi air terbuat dari pipa air PVC (paralon) dengan diameter 1/2 inci.

Kerangka penunjang SIG dibuat dari konstruksi besi *stainless steel* SS 304 yang terdiri dari plat baja dan pipa. Material jenis ini dipilih karena tahan korosi, tahan terhadap fluktuasi temperatur, kuat dan fleksibel dalam pemakaian sesuai dengan konstruksi yang diinginkan. Konstruksi SIG ini dilengkapi dengan agitator yang mempunyai daya 60 watt dengan putaran 1350 rpm, pada bagian *gearbox* terpasang rasio 1/25 jadi didapat putaran pada *reduction gear* adalah 60 rpm. Pada penelitian ini unit model dilengkapi potensiometer untuk mengatur putaran agitator tersebut pada posisi 60 rpm hingga 0 rpm. Disajikan pada Gambar 2.

Sistem kelistrikan pada unit *slurry ice refrigerator* yang dipakai dalam unit ini adalah memakai arus AC 220 volt, daya yang dibutuhkan dalam unit *slurry ice refrigerator* adalah 1120 watt atau 1,12 KW dengan rincian sebagai berikut: kompresor membutuhkan arus listrik 750 watt, motor fan kondensor 160 watt, termometer digital 24 watt, pompa 60 watt, motor agitator 120 watt dan *pressure switch and thermostat* 6 watt. Pada konstruksi kelistrikan ini diberikan pengamanan MCB (*mini circuit breaker*) dengan isolasi Standar Nasional Indonesia (SNI) terlihat pada Gambar 3.



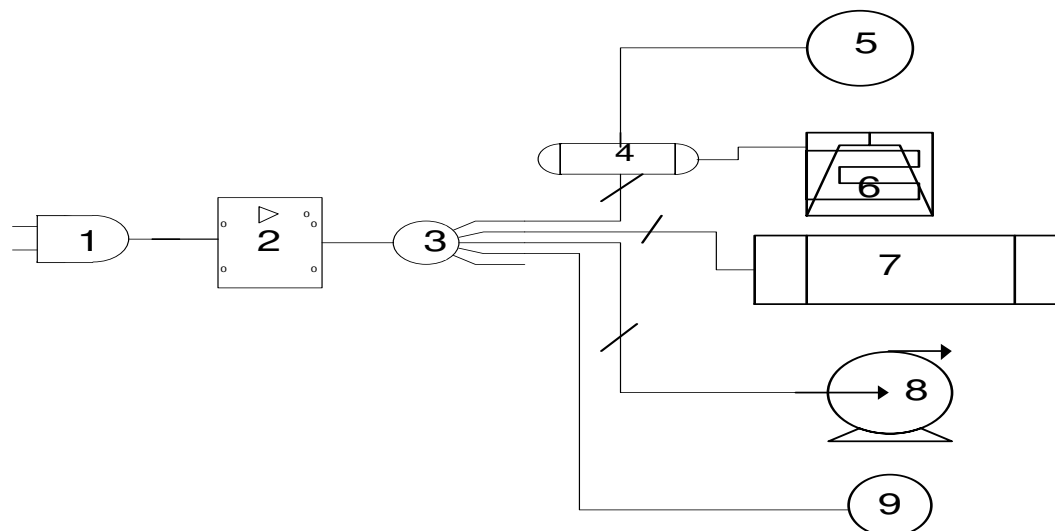
Gambar 1 Diagram blok siklus mesin *slurry ice* (Proefschrift 2006)

Tabel 1 Spesifikasi komposisi *refrigeran* R 404

Parameter	Spesifikasi
Sifat fisika dan kimia	berbentuk <i>liquefied</i>
Warna gas	tidak berwarna
Bau	sedikit seperti eter
Titik lebur	tidak tersedia
Titik didih	-46,2 °C
Tekanan uap	12, 546 Hpa pada suhu 25 °C
Spesifik gravitasi	1,05 pada suhu 25 °C
Kelarutan dalam air	tidak ditentukan
Berat jenis uap air	3,4 pada suhu 25 °C dan 1013 Hpa (Air = 1.0)
laju penguapan	1



Gambar 2 Motor *slurry ice generator*



keterangan:

1. Arus listrik 220 Volt 2. MCB, 3. Panel board 4. Kapasitor 5. kompresor, 6. Kondensor, 7. SIG, 8 Pompa, dan 9. lampu indikator

Gambar 3 Sistem kelistrikan pada *slurry ice*

### Pengujian Model Mesin Pembuat *Slurry ice*

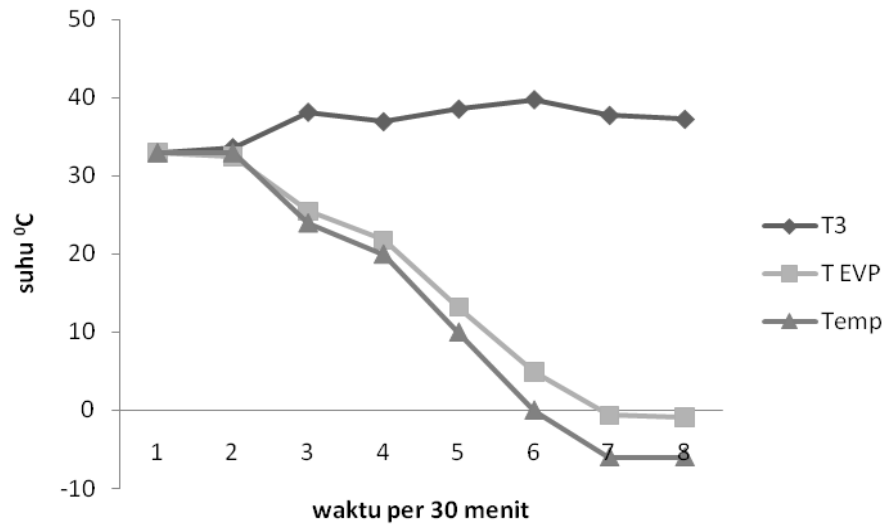
Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel uji tekanan dan suhu pada kompresor, kondensor dan SIG pada mesin *slurry ice*. Alat uji menggunakan termometer digital dan *pressure gauge*. Waktu pengukuran dilakukan setiap 30 menit sekali dengan dengan air laut sebagai bahan bakunya, suhu air laut 28°C dan salinitas yang digunakan pada daerah tropis sekitar 32 ppt. Standart pembentukan nukleus pada proses terbentuknya *slurry ice* mulai terjadi pada suhu -2,5 °C pada *slurry ice generator*. Uji coba ini dilakukan dengan dan tanpa beban berupa air yang akan dibentuk menjadi *slurry ice*. Uji coba awal dilakukan tanpa beban dan dilakukan selama 3,5 jam. Selama uji coba unit SIR yang dilakukan tanpa beban terlihat terjadinya penurunan suhu secara simultan hingga mencapai suhu -6 °C dalam waktu 3 jam. Setelah menit berikutnya sampai 3,5 jam suhu yang dicapai sama. Hasil uji coba unit SIR tanpa tambahan beban dapat dilihat pada Gambar 4.

T3 menunjukkan temperatur *refrigeran* setelah keluar dari kondensor. Hal ini menunjukkan grafik yang stabil pada suhu rata-rata 36,8 °C tetapi pada temperatur evaporator (T EVP) dan temperatur *slurry ice* di SIG (Temp) mengalami penurunan suhu di bawah 0°C pada waktu 3 jam. Hubungan suhu pada T3, T EVP dan temperatur SIG suhu refrigeran keluar dari kondensor normal dengan standar maksimum 45°C. Berarti mesin SIR yang digunakan sudah sesuai dengan standart. Penurunan suhu dapat mempengaruhi kualitas pendinginan semakin baik (Medina *et al.* 2009).

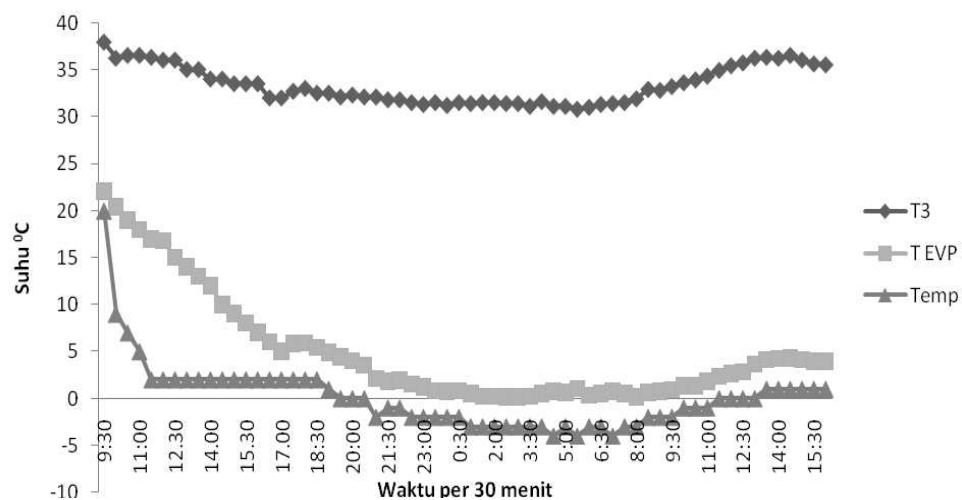
Nilai rata-rata dari masing-masing suhu pada kondensor, evaporator dan SIG menunjukkan nilai 36,8°C, 16,2 °C dan 13,5 °C, dengan nilai maksimum 39,7 °C, 33 °C dan 33 °C, selanjutnya nilai minimum yang dicapai dalam pendinginan ini adalah 32,9 °C, -0,9 °C dan -6 °C. *Skewness* menunjukkan kecenderungan ke arah negatif yang berarti nilai menunjukkan ke arah nilai data minimum. Penggunaan data ini dengan tingkat kepercayaan 95%.

Uji coba kinerja unit SIR selanjutnya dilakukan dengan penambahan beban berupa air laut 16 liter yang dilakukan selama 30,5 jam. Air laut tersebut yang akan dijadikan menjadi *slurry ice*. Temperatur refrigeran setelah kondensor relatif stabil pada siang hari yaitu 37 °C kemudian malam hari menunjukkan suhu 30 °C. Hal ini terkait dengan suhu lingkungan. Adapun suhu pada evaporator mengalami penurunan dari pagi sampe sore hari kemudian malam sampai pagi hari menunjukkan nilai antara 0-4 °C. Kondisi ini menggambarkan bahwa antara suhu evaporator dan suhu SIG memiliki selang yang stabil, hal tersebut dikarenakan suhu lingkungan juga mempengaruhi kedua komponen tersebut. Seperti terlihat pada Gambar 5 berikut ini.

Berdasarkan grafik tersebut pada Gambar 5 menunjukkan bahwa tingkat penurunan suhu mesin ini pada waktu pukul 09.00 - 20.00 terjadi penurunan suhu yang signifikan, sebaliknya pukul 11.00 sampai dengan pukul 15.00 mulai ada kenaikan suhu. Senada dengan yang dikatakan (Kauffeld *et al.* 2010) suhu lingkungan dapat mempengaruhi proses pendinginan.



Gambar 4 Uji coba Unit SIR tanpa beban



Gambar 5 Penambahan beban 16 liter air laut

## KESIMPULAN

Pembuatan mesin *slurry ice refrigerator* menggunakan daya kompresor 1 HP dengan hasil nilai uji coba sudah dapat mencapai suhu  $-6^{\circ}\text{C}$  tanpa beban air laut dan suhu  $-4^{\circ}\text{C}$  dengan beban pendingin. Suhu lingkungan sekitar dapat mempengaruhi proses pembuatan *slurry ice*.

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penurunan suhu tingkat lelehan dari *slurry ice*. Pengembangan mesin tersebut maka perlu penyempurnaan konstruksi dengan penambahan body cover pada unit SIG dan *storage tank*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Kepala dan staf *workshop* Divisi Kapal dan Transportasi Perikanan, Institut Pertanian Bogor dan Kepala dan staf *workshop* mesin Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta serta Dosen Institut Pertanian Bogor.

## DAFTAR PUSTAKA

Aubourg S, Losada V, Gallardo J, Miranda J, Velázquez J. 2006. On-board quality preservation of megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) by a novel ozonised-slurry ice system. *European Food Research and Technology*. 223(2): 232-237.

- Aubourg S, Losada V, Prado M, Miranda J, Velázquez J. 2007. Improvement of the commercial quality of chilled Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) stored in slurry ice: Effects of a preliminary treatment with an antimelanotic agent on enzymatic browning. *Food Chemistry*. 103(3): 741-748.
- Cakli S, Kilinc B, Cadun A, Tolasa S. 2006. Effects of using slurry ice on the microbiological, chemical and sensory assessments of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4 °C. *European Food Research and Technology*. 222(1): 130-138.
- Campos C, Losada V, Rodríguez O, Aubourg S, Velázquez J. 2006. Evaluation of an ozone-slurry ice combined refrigeration system for the storage of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*. 97(2): 223-230.
- Kauffeld M, Wang MJ, Goldstein V, Kasza KE. 2010. Ice slurry applications. *International Journal of Refrigeration*. 33(8): 1491-1505.
- Kilinc B, Cakli S, Cadun A, Dincer T, Tolasa S. 2007. Comparison of effects of slurry ice and flake ice pretreatments on the quality of aquacultured sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored at 4°C. *Food Chemistry*. 104(4): 1611-1617.
- Losada V, Rodríguez A, Ortiz J, Aubourg S. 2006. Quality enhancement of canned sardine (*Sardina pilchardus*) by a preliminary slurry ice chilling treatment. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 108(7): 541-623.
- Losada V, Rodríguez O, Miranda J, Velázquez J, Aubourg S. 2006. Development of different damage pathways in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) stored under different chilling systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86(10): 1552-1558.
- Medina I, Gallardo J, Santiago P. 2009. Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(8): 1467-1479.
- Múgica B, Velázquez J, Miranda J, Aubourg S. 2008. Evaluation of a slurry ice system for the commercialization of ray (*Raja clavata*): Effects on spoilage mechanisms directly affecting quality loss and shelf-life. *Food Science and Technology*. 41(6): 974-981.
- Orvieto M, Zorn K, Lyon M, Tohurst S, Rapp D, Mikhail A, Oras† J, Son H, Kasza† K, Brendler C, et al. 2007. Laparoscopic Ice Slurry Coolant for Renal Hypothermia. *The Journal of Urology*. 177(1): 382-385.
- Proefschrift. 2006. Fluidized Bed Heat Exchangers to Prevent Fouling in Ice Slurry Systems and Industrial Crystallizers ver-krijging van de graad van doctor an de Technische Universiteit Delft. 282.
- Rodríguez A, Carriles N, Cruz J, Aubourg S. 2008. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1,5°C) LWT. *Food Science and Technology*. 41(9): 1726-1732.
- Rodríguez O, Velázquez J, Piñeiro C, Gallardo J, Aubourg S. 2006. Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*. 95( 2): 270-278.
- Thongwik S, Kiatsiriroat T, Nuntaphan A. 2008. Heat transfer model of slurry ice melting on external surface of helical coil. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 35(10): 1335-1339.